Experimentelle Beiträge

zur

Lehre von der Selbstreinigung der Flüsse

speciell in Rücksicht auf die Thätigkeit der Algen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medicinischen Doctorwürde

der

medicinischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt von

Aug. Ludw. Schmidt,

approb. Arzt aus Parchim i. M.

Leipzig
Buchdruckerei von Max Hoffmann
1892.

Experimentelle Beiträge

zur

Lehre von der Selbstreinigung der Flüsse

speciell in Rücksicht auf die Thätigkeit der Algen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medicinischen Doctorwürde

der

medicinischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt von

Aug. Ludw. Schmidt,

approb. Arzt aus Parchim i. M.

Leipzig
Buchdruckerei von Max Hoffmann
1892.

Seiner

mütterlichen Freundin,

der

Frau Oberst von Arnim,

Friederike geb. von Klein-Kleinow

in

dankbarer Verehrung

gewidmet

vom Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553619_0084

Inhaltsangabe.

Seite

Einleitung und Litteratur 9
Versuchsanordnung 13
Erste Versuchsreihe, A. 15
Zweite Versuchsreihe, B. 18
Dritte Versuchsreihe, C. 20
Vierte Versuchsreihe, D. 21
Resultate derselben
aus A. 24
aus B. 26
aus C. 27
aus D. 28
Gesammtresultat 29
Schlusswort 31

Beilagen: Tabelle I bis IV.

Einleitung.

Eine allbekannte Thatsache ist es, dass Flüsse und Bäche, durch Abwässer und Auswurfstoffe getrübt und verunreinigt, schon nach kurzem Verlaufe sich wieder klären und einen dem frühern nahe oder gleichkommenden Grad der Reinheit erlangen. Dieser Vorgang, den man als Selbstreinigung der Flüsse bezeichnet, beruht auf dem Zusammenwirken mehrerer Factoren, welche Uffelmann[1]) in einer in der Berliner klinischen Wochenschrift erschienenen Arbeit in folgender Weise beschreibt:

1. Schwebende Bestandtheile, organischer und unorganischer Natur, sinken bald rascher, bald langsamer zu Boden und werden dadurch aus dem Wasser eliminirt. Sie bilden den Schlamm und Schlick auf dem Boden des Flussbettes.

2. Der Zufluss reinen Wassers aus Nebenflüssen und vom Grundwasser her verdünnt die Unreinigkeiten, welche in den Fluss gerathen sind.

3. Wasserpflanzen jeder Art (auch Algen) und Infusorien verzehren gelöste bezw. ungelöste organische Materie und reinigen dadurch das Wasser von ihr.

4. Mikroorganismen des Wassers zersetzen organische Materie, führen sie in einfache Verbindungen über und reinigen auf diese Weise das Wasser.

5. Beim Fliessen tritt in Folge der Bewegung eine Lüftung des Wassers ein; dasselbe kommt mit immer neuen Mengen Sauerstoff in Berührung, und dieser oxydirt die organische Materie.

---

[1]) Uffelmann, Die Selbstreinigung der Flüsse mit besonderer Rücksicht auf Städtereinigung, Berlin, klinische Wochenschrift, 92, No. 18.

6. Das Sonnenlicht regt die Oxydation der organischen Materie an und bringt Mikroben zum Absterben.

7. Es können während des Laufes gewisse unlösliche anorganische Verbindungen (so Schwefelmetalle) entstehen und ausgefällt, oder Humussubstanzen durch Thone, Aluminiumsulfat, Aluminiumhydroxyd niedergeschlagen werden.

Ueber den Werth der einzelnen Factoren gehen die Meinungen der Autoren sehr auseinander und zwar zumeist nach Massgabe der von ihnen in ihren dies bezüglich angestellten Untersuchungen gefundenen Resultate, zum Theil jedoch auch nur auf Grund theoretischer Erwägungen. So tritt besonders für den Einfluss der Sedimentirung, der er den ersten Platz unter allen in betracht kommenden Factoren sichern möchte, Frankland[1]) ein, ebenso Krüger[2]) und Prausnitz[3]) in seiner Habilitationsschrift „zur Frage der Selbstreinigung der Flüsse."

Diese erste Stelle jedoch unter den die Selbstreinigung bedingenden Factoren wird von v. Pettenkofer[4]) neuerdings für den Einfluss des vegetativen Lebens im Flusse in Anspruch genommen. Nachdem nämlich der Botaniker Löw[5]) nachgewiesen hat, dass pflanzliche Organismen niederer Ordnung, die Algen und unter ihnen besonders die Fadenalgen, ebenso wie anorganische auch organische Stoffe in sich aufzunehmen vermögen, zieht v. Pettenkofer daraus den Schluss, dass auch Fäulnissproducte des Flusswassers von den Algen als Nahrung aufgenommen und verbraucht, somit also aus dem Wasser eliminirt werden. (Zur Litteratur über Algen vergleiche der Leser die Arbeiten Cohn's[6]),

---

[1]) Frankland, citirt bei Tiemann und Gärtner, S. 548.

[2]) Krüger, Physik. Einwirkung von Sinkstoffen auf Mikroorganismen, Zeitschrift für Hygiene VII, S. 109.

[3]) Prausnitz: Habilitationsschrift. München 1889, Anhang.

[4]) M. v. Pettenkofer: Archiv für Hygiene. B. VII, S. 267,

[5]) Löw, ebenda, S. 259.

[6]) Cohn, Zeitschrift für Biolog. I, S. 113.

Hirt's[1]), von Roth und Lex,[2]) von Bischoff[3]); ebenso über die Bacterien des Wassers Alex Müller[4]) und Emich[5]).

Die Richtigkeit dieser Behauptung v. Pettenkofer's zu prüfen, war ein Hauptvorwurf bei meiner Arbeit; doch suchte ich durch meine Versuche auch über den Einfluss des erstgenannten wie der folgenden Factoren ein eigenes Urtheil zu gewinnen, so insbesondere über den Einfluss des Sonnenlichtes, der ja überall nicht bestritten wird, der aber bei weitem nicht genug aufgeklärt und gewürdigt zu sein scheint, wenn auch verschiedene Untersuchungen hierüber vorliegen, wie die Arbeiten von Dawnes und Blunt[6]), Duclaux[7]), Arloing[8]), Roux[9]) und neuerdings von Raspe[10]).

Ueber den Einfluss der Bewegung war man wohl bisher fast am meisten im Unklaren, wie bezüglich der Oxydation der organischen Materie und des Verhaltens der Bacterien die widerstreitenden Resultate der verschiedenen Autoren beweisen. Wolffhügel[11]) fand eine Oxydation der organischen Substanzen durch Schütteln mit Luft, dasselbe König[12]) beim Ueberrieseln eines Drahtnetzes und Märker[13]) bei seinen Gradirversuchen. Ihren Resultaten gegenüber stehen diejenigen von

---

[1]) Hirt, Zeitschrift für Biolog. XV, S. 91.

[2]) Roth und Lex, Handbuch der Militär-Gesundheitspflege I.

[3]) Bischoff, Bericht über die chem. und mikr. Untersuchungen der Wässer der Tegeler Anlage.

[4]) Alex. Müller, Landwirthschaftliche Vers. Stat. XVI, S. 268 u. XXXII, S. 285-

[5]) Emich, Monatshefte für Chemie, Bd. VI, S. 77.

[6]) Dawnes und Blunt, Proceedings of the Royal Society XXIV.

[7]) Duclaux, Comptes rendus, Tome C, No. 5.

[8]) Arloing, Comptes rendus, T. C, 6.

[9]) Roux, Annales de l' institut Pasteur, T. I, S. 445.

[10]) Raspe, Inaugural Dissertation 1891, Schwerin.

[11]) Wolffhügel, Wasservers. 82, S. 216.

[12]) J. König, Die Verunreinig. der Wässer, 1887. S. 66.

[13]) Märcker, citirt v. J. König, S. 66.

Emich[1]) und Uffelmann[2]), die beim Schütteln mit Luft keine Oxydation eintreten sahen. Eine beträchtliche Abnahme der Keime durch Schütteln mit Luft bezw. in der Centrifuge fanden Breunig[3]), Frankland[4]) und Poehl[5]); dagegen sahen Cramer[6]), Leone, Miquel, Tiemann und Gärtner die künstliche Bewegung des Wassers ohne Einfluss auf den Keimgehalt, Thumas[7]), Horwarth[8]), und Hoppe-Seyler durch dieselbe die Entwickelung der Bacterien sogar gefördert. Jüngsthin sind auf Veranlassung des Herrn Professors Uffelmann im hygieinischen Institut von Beetz[9]) Untersuchungen über den Einfluss der Bewegung angestellt worden, die ich zum Theil wiederholt habe und in ihrem Resultate bestätigen konnte.

[1]) Sitzungsbericht der Wiener Akademie der Wissenschaft. 85, 2. Januar.

[2]) Uffelmann, Jahresbericht, Jahrgang 1885, S. 50.

[3]) Breunig, Bakteriol. Unters. der Stadt Kiel, im August und September 87, Kiel 88.

[4]) Frankland, Chemical Newy 1885, No. 1338 u. No. 1339. The removal cf micr. from water.

[5]) Poehl, citirt bei Tiemann und Gärtner, Braunschweig 89, S. 536.

[6]) Cramer, Leone, Miquel, citirt ebenda S. 527.

[7]) L. Thumas, Arbeiten aus dem Kais. Gesundh.-Amt, Bd. I.

[8]) Horwarth und Hoppe-Seyler cf. Pflüger. Archiv für Physiologie XVII, S. 125 und XXIII S. 334.

[9]) Beetz, Exper. Beiträge z. Lehre v. d. Selbstreinigung der Flüsse. Inaug. Dissert., Rostock 92.

Versuchsanordnung.

Von besonderem Interesse war mir die oben erwähnte Habilitationsschrift von W. Prausnitz, München 1889, die er mit den Worten schliesst: „Eine weitere, mehr erfolgreiche Förderung der Frage wird von der Möglichkeit abhängen, für die Laboratoriumsexperimente eine Versuchsanordnung zu erforschen, bei welcher das Wasser unter dieselben Bedingungen gesetzt wird, welche in der Natur in fliessenden und stehenden Wässern vorhanden sind. Besonders aber wird es nöthig sein, Untersuchungen der vorliegenden Art mit Berücksichtigung der Bacterien an stärker verunreinigten Flussläufen auszuführen."

Diesen Forderungen zu entsprechen, war mein Bestreben und zwar in dem Sinne, dass ich ein wesentliches Augenmerk auch mit auf die Thätigkeit der Algen bei dem Prozesse der Selbstreinigung des Wassers richtete. Ich habe deshalb vier Reihen von Versuchen angestellt, deren Resultate in vier beigegebenen Tabellen übersichtlich zusammen gestellt sind, nämlich

1. Künstliche Bewegung des Wassers durch einen Schaukelapparat,
2. Stehendes Wasser mit und ohne Absetzenlassen,
3. Untersuchung des fliessenden Wassers in natura (am Bache Carbeck bei Rostock),
4. Untersuchung von Wasser, das mit Faecallösung versetzt wurde.

Die Versuche der Reihen 1, 2 und 4 wurden einmal unter Sonnenbestrahlung, einmal im Schatten gemacht, und zwar mit und ohne Zusatz von Algen. Die genauere Disposition ist jedesmal auf der Tabelle für jede einzelne Versuchsreihe gegeben.

Vor jedem Versuche wurde 1. die Temperatur, die Farbe, der Geruch des Versuchswassers bestimmt,

2. Die Menge der bei unten beschriebener Methode zur Bestimmung der organischen Substanz verbrauchten Ccm einer Kalipermanganatlösung von bestimmtem Gehalt,

3. zwei Rollkulturen angelegt aus verflüssigter Gelatine, die mit dem Versuchswasser geimpft wurde.

4. die meteorologischen Verhältnisse während des Versuches notirt,

5. genau die Menge des Wassers vor dem Versuch abgemessen.

Die erwähnte Kalipermanganatlösung besteht aus einer Lösung von 0,395 Th. Kalipermanganat in 1000 Theilen destillierten Wassers. Jedes ccm dieser Lösung giebt 0,1 mgr Sauerstoff ab und entspricht deshalb nach der früher üblichen Berechnung etwa 2 mgr organischer Substanz. Es wurden immer 100 ccm des Versuchswassers, mit 25 Tropfen verdünnter Schwefelsäure versetzt, in einer Porzellanschale zum Kochen gebracht und 5 Minuten im Kochen unterhalten. Während dieser Zeit wurde tropfenweise von obiger Lösung bis zur bleibenden sehr schwachen Rotfärbung hinzugesetzt. Im folgenden sind die Berechnungen auf Sauerstoffverbrauch und organische Substanz nicht ausgeführt, sondern der Befund immer in verbrauchten ccm angegeben. Der Kürze wegen ist die Chamäleonlösung immer mit Ch. L. bezeichnet, wie der Keimgehalt mit K. G.

Die Rollkulturen wurden stets doppelt angefertigt der Controle wegen, und zwar nach der Esmarch'schen Methode mit Koch'scher Fleischinfuspeptongelatine. Das Impfmaterial war jedesmal ein Tropfen des Versuchswassers, der mit sterilisirter Pipette entnommen wurde und etwa $^1/_{20}$ ccm betrug. Die Temperatur, in der sie aufbewahrt wurden, betrug 20—22° C. und die Besichtigung fand täglich, unter Umständen mehrmals täglich statt.

Nach jedem Versuche wurde wieder

1. Die Temperatur, die Farbe und der Geruch bestimmt,

2. die verbrauchten ccm Ch. L. festgestellt,

3. zwei Rollkulturen angelegt,

4. die Menge des Versuchswassers gemessen, danach die Verdunstungsgrösse bestimmt, und die gefundenen Zahlen reducirt.

Die erforderlichen Algen wurden einem Teiche vor dem Kröpeliner Thor der Stadt Rostock entnommen, der sehr reich an den verschiedensten Wasserpflanzen ist; sie wurden jedesmal vor und nach dem Versuche auf ihren Zustand geprüft, ob sie frisch und gut entwickelt oder im Wachsthum zurückgegangen waren.

A. Erste Versuchsreihe.

Zu der ersten Reihe meiner Versuche bediente ich mich eines Schaukelapparates, wie ihn kurz vordem Herr Dr. Beetz unter Leitung des Herrn Professors Uffelmann im hygieinischen Institute zu Rostock hergestellt und zu seinen Untersuchungen benutzt hatte. Es war dies eine genau 4 m lange Halbrinne aus verzinntem Blech, an deren Enden in einem Winkel von 135^0 zwei 1000 ccm fassende Hohlgefässe angelöthet waren, während sie mit zwei in die Mitte ihrer Wandung eingefügten Bolzen in einer im Boden befestigten Gabel ruhte. Auf diesem Unterstützungspunkt balancirend, konnte sie nach beiden Seiten so tief geneigt werden, dass der ganze Inhalt des einen Hohlgefässes, die Rinne durchlaufend, in das andre über- bezw. abfliessen konnte. Nachdem nach sorgfältiger Reinigung der Rinne und Ausspülung derselben mit einem Theil des Versuchswassers ein genau abgemessenes Quantum des letztern in ein Hohlmass gegossen worden war, wurde durch langsames Heben des gefüllten Rinnenschenkels das Hinüberfliessen des Wassers von dem einen Hohlgefäss ins andre bewirkt, ebenso durch Senken das Zurückfliessen, sodass also bei anhaltendem Heben und Senken

die Flüssigkeit fortwährend den Weg durch die Rinne von einem Ende zum andern und zurück machte. Durch Korkstückchen wurde die Geschwindigkeit bei verschiedener Schnelligkeit der Schaukelbewegung bestimmt und danach die in der Stunde zurückgelegte Kilometerzahl. Ich habe alle Versuche dieser Reihe mit einer zu grunde gelegten völlig gleichmässigen Geschwindigkeit von 3,6 Kilometer p. Std. auf dem Hofe des hygieinischen Institutes zu Rostock angestellt.

Versuch 1. Am 9. Mai d. J. Vormittags 11 Uhr wurden 800 ccm Rostocker Leitungswasser bei sonniger, ruhiger Luft nach voran gegangenem Regen, bei 14° R. eine Stunde lang mit einer Geschwindigkeit von 1 m p. Sec. bewegt, legten also einen Weg von 3,6 Kilometer pro Stunde zurück. Vor dem Versuche war das Wasser klar, geruchlos, mass 8° R, verbrauchte pro 100 ccm 5,6 ccm Ch. L. und hatte 960 Keime pro 1 ccm. Nach demselben war es ebenfalls klar und geruchlos, mass 12° R, verbrauchte 5,2 ccm Ch. L. pro 100 ccm und hatte im ccm 720 Keime. Verdunstet waren 50 ccm, sodass das Resultat folgendes war: Keine Veränderung im Aussehen und Geruch, Abnahme des Verbrauches von ccm Ch. L. 0, 725 pro 100 ccm (reducirter Werth des Ch. L. Verbrauches nach dem Versuche 4,875 ccm) und der Keime um 240 pro ccm. Dazu trat eine sehr bedeutende Verzögerung in der Entwickelung wie des Eintrittes der Verflüssigung der Bacterien auf.

Versuch 2 und 3. Am 10 und 11. Mai wurden der 2. und 3. Versuch unter ganz ähnlichen Bedingungen mit Rostocker Hafenwasser bezw. Leitungswasser, mit Sielwasser versetzt, wiederholt. Zu der in der Tabelle I gemachten Aufzeichnung über die Untersuchungsergebnisse vor und nach dem Versuch, wie des Resultates bedarf es keiner weiteren Bemerkungen.

Versuch 4. Am 11. Mai Abends wurden bei schattiger, ruhiger, staubfreier Luft und einer Temparatur von 10° R. 800 ccm Leitungswasser $1^1/_2$ Stunden mit

der Geschwindigkeit von 1 m pro Sec. bewegt. Das Wasser war vor und nach dem Versuch klar und geruchlos, verbrauchte vorher pro 100 ccm 6,0 ccm Ch. L. und hatte 920 K. pro 1 ccm. Nach demselben verbrauchte es 5,9 Ch. L. pro 100 ccm, zeigte 880 K; verdunstet waren 25 ccm. Das Resultat war (nach Reduktion des Werthes 5,9 mit in Betracht-ziehen der Verdunstung): Abnahme von 0,3 ccm Ch. L. pro 100 ccm und 40 K. pro ccm. Eine Entwickelungshemmung war nur in geringem Masse zu bemerken.

Versuch 5 und 6. Diese Versuche wurden am 12 Mai Morgens bezw. Abends mit Hafenwasser bezw. Leitungswasser, mit Sielwasserzusatz, in gleicher Weise wie V. 4 angestellt. Ueber das Ergebniss siehe Tabelle I.

Versuch 7. Der 7. Versuch ist dem 1. analog, jedoch ist dieser ohne, jener mit Zusatz von Algen angestellt. Die Algen, als Bodensatz aus einem dem Eingangs erwähnten Teiche entnommenen Wasserquantum genommen, wurden etwa 1 Ltr. des Leitungswassers zugemischt, dann verrührt, und von diesem Versuchswasser eine Probe von 100 ccm entnommen, ferner 800 ccm zum Versuche abgemessen. Es fanden sich vor demselben Ch. L. Verbrauch 6,0 ccm pro 100 ccm, also reduciert 5,77 pro 100 ccm, K. 680 pro ccm. Das Resultat war demnach eine Abnahme vom Ch. L. Verbrauch von 0,23 ccm, der Keime um 140. Die Algen waren nach dem Versuch frisch und gut entwickelt. Ueber die nähern Verhältnisse, unter denen der Versuch angestellt wurde, giebt die Tabelle Aufschluss.

Versuch 8 und 9. Siehe ebendort.

Versuch 10 ist das Gegenstück zu Versuch 4, indem beide unter ganz ähnlichen Bedingungen gemacht wurden, der eine ohne, der andre mit dem Zusatze von Algen. Zu den Angaben der Tabelle bedarf es keines Zusatzes ebenso wie für

Versuch 11 und 12, die No. 5 und 6 entsprechen. Mit ihnen schliesst die erste Reihe meiner Versuche.

Anlage dazu Tabelle I.

B. Zweite Versuchsreihe.

Dieselbe stellte ich an zur Nachahmung stehender Gewässer und zwar in doppelter Weise so, dass ich bei den ersten 8 Versuchen nach dem Versuch das Wasser vor Entnahme der Probe durchschüttelte, bei den anderen nach dem Absetzen die Probe vorsichtig durch Hebervorrichtung von der Oberfläche absog. Somit glaubte ich, auf die letztere Art den Einfluss der Sedimentirung mit zu erhalten, den ich auf die erste Art ausschloss. Auch diese Versuche wurden theils mit, theils ohne Algenzusatz gemacht. Ihre Ausführung war folgende:

Zwei flache, runde Glasschalen von 25 cm Durchmesser und etwa 7 cm Höhe wurden nach sorgfältiger Reinigung und Ausspülung mit destillirtem Wasser sterilisirt und mit zwei Glasplatten verdeckt. Dann wurden beide, mit dem zum Versuche bestimmten Wasserquantum angefüllt und wieder bedeckt, im Freien während 5 Stunden die eine den Sonnenstrahlen exponirt, die andre in den Schatten gestellt. Nach dieser Zeit wurden mit Beobachtung aller Vorsichtsmassregeln zur Vermeidung von Hineingelangen irgend welcher Keime und organischer Substanz die Proben zur Untersuchung entnommen und die event. Verdunstungsmenge bestimmt. Diese Versuche wurden an 6 auf einander folgenden Tagen angestellt. Ich beschränke mich darauf, im folgenden 2 Versuche näher zu beschreiben, bezüglich der übrigen auf Tabelle II verweisend.

Versuch 13 und 15. Am Vormittag des 17. Mai 11 Uhr wurden beide Glasschalen mit 400 ccm Leitungswasser beschickt. Dasselbe war klar, farb- und geruchlos und besass eine Temperatur von 8° R. Ch. L. wurden verbraucht 5,8 ccm pro 100 ccm, K. im ccm 900 pro ccm gezählt. Die erste Schale wurde bedeckt im Institutsgarten der directen Sonnenbestrahlung ausgesetzt bis Nachmittags 4 Uhr, während die zweite während dieser Zeit im tiefen Schatten des Gartens stand. Die Luft war trocken, staubfrei, ruhig, das Thermometer

zeigte 16° R; 4 Uhr wurden beiden Schalen Proben entnommen. Das Wasser beider Schalen war klar und geruchlos, doch zeigte sich zwischen beiden Proben der Unterschied, dass die erste 5,6 ccm Ch. L. pro 100 ccm verbrauchte, die sich bei der Verdunstungsmenge von 10 ccm auf 5,53 reducirten, sodass hier eine Abnahme des Ch. L. Verbrauchs von 0,27 ccm pro 100 ccm zu konstatiren ist, die zweite 5,8 ccm Ch. L. pro 100 ccm, wobei keine Verdunstung in Rechnung zu bringen war, also keine Abnahme der organischen Substanz vorlag. Ebenso fanden sich in Probe 1. 640 K. gegen 900 K. pro ccm vor dem Versuch, in Probe 2. K. 960 gegen 900 pro ccm. Es war somit in einem Fall eine Verminderung der Keime um 260, im andern eine Vermehrung um 60 K. pro ccm eingetreten; zudem zeigte sich im ersten Fall eine deutliche Verspätung in der Entwickelung der Colonien in der Kultur.

Versuch 14 und 16 bis 20 wurden in ähnlicher Weise angestellt, die Versuche 21 bis 24 mit dem Unterschied, dass, wie oben erwähnt, nach dem Versuche nur die obern Schichten untersucht wurden, um zu konstatiren, wie viel das Sinken der organischen Substanz und der Keime, der Einfluss der Sedimentirung, in diesen Versuchen betrug.

Anhang zur zweiten Reihe.

Diesen Versuchen mit stehenden Schalen habe ich, um den Einfluss der Mikrobenthätigkeit auszuschliessen, einige Versuche mit sterilisirtem Wasser angeschlossen. Schalen und Platten wurden vor dem Versuch sterilisirt. Leider war es mir unmöglich, bakterienfreie Algen zu erhalten, sodass ich bei einem Zusatz dieser Wasserpflanzen immer wieder eine Verunreinigung mit Bakterien erhielt. Die Zahl dieser Keime war jedoch verhältnissmässig gering, da ich die Algen zuvor mit sterilisirtem Wasser aufschwemmte und dann durch ein enges Gazefilter wiedergewann.

Versuch 25 und 28. So stellte ich am 26. Mai 2 Schalen mit sterilem Leitungswasser im Institutsgarten auf bei hellem Sonnenschein und einer Temperatur von 25° R. Der einen Schale hatte ich Algen zugesetzt, die ich wie oben beschrieben behandelt hatte. Die Versuchsdauer betrug 6 Stunden. Vor demselben wurden 4,6 ccm Ch. L. verbraucht, nach demselben von der ersten Probe (ohne Algen) fast 4,6 ccm, von der zweiten (mit Algen) 4,7 ccm. Die Algen erschienen mir nicht so frisch, wie vor dem Versuch.

Versuch 26 und 29, 27 und 30 wurden in gleicher Weise angestellt. Siehe Tabelle II.

C. Dritte Versuchsreihe.

Die dritte Reihe meiner Versuche machte ich am fliessenden Bache in natura, wozu sich mir in Rostocks nächster Umgebung die Gelegenheit durch einen Zufluss der Warnov bot, den Bach Carbeck. Dieser Bach, der durch Wiesen und Torfmoorgrund in geschlängeltem Laufe mit fast gleichmässigem Gefälle kurz vor der Stadt Rostock in den genannten Fluss einmündet, hat in dem untern Ende seines Verlaufes etwa überall eine Breite von zwei Metern und eine Tiefe von $^1/_2$ m, und bleibt auf dieser Strecke etwa 1 Kilometer lang ohne irgend welchen Zufluss. Da also dieser Bach an seinem untern Ende fast überall denselben Untergrund, dieselbe Breite und Tiefe, sowie gleichmässige Geschwindigkeit von $^1/_2$ Kilometer pro Stunde besitzt, ferner auf 1 Kilometer sein Wasser nicht mit anderem mischt, so eignete er sich besonders für Untersuchungen, wie ich sie am 22. Mai und den folgenden Tagen anstellte.

Zwei Kilometer etwa vor der Einmündung der Carbeck in die Warnow fliesst der Bach an dem Gute und Dorfe Bartelsdorf vorüber. Vom Gut sowohl wie vom Dorfe wird Wasser zum Trinken und Tränken aus der Carbeck entnommen; etwas weiter abwärts ist eine Tränke für das Vieh, das täglich mehrmals den Grund

aufwühlt und den Wasserlauf verunreinigt. Ich entnahm an verschiedenen Tagen mittels mitgebrachter, vorher sterilisirter, gut verschlossener Flaschen Wasserproben aus dem Bach und zwar die erste an der Stelle, wo das reine Wasser zum Trinken und Tränken geschöpft wird; die zweite an der Stelle, die täglich durch das Vieh aufgewühlt wird, zu einer Zeit, wo das Wasser dort wieder klar erschien; die dritte ebendort, nachdem ich mittels einer grossen Stange den Grund aufgewühlt und somit eine starke Verunreinigung erzielt hatte; die vierte wiederum dort, nachdem das Wasser nach Ablauf einer Stunde wieder ziemlich klar erschien; die fünfte zwei Stunden nach dem Aufwühlen einen Kilometer unterhalb der verunreinigten Stelle. An zwei Tagen schüttete ich nach dem Aufwühlen eine entsprechende Menge einer Prodigiosus- bezw. Violaceus-Kultur ins Wasser, die ich durch Verrühren nach Möglichkeit vertheilte. Die entnommenen Proben wurden sorgsam verschlossen, etiquettirt und nach umgehender Rückkehr in die Stadt dort im Institute sofort in der Eingangs angegebenen Weise untersucht. Nebenbei bemerke ich, dass der Bach ziemlich reich an Algen und sonstigen Wasserpflanzen ist. Eine Aufzählung der Versuche und ihrer Resultate hier würde eine Wiederholung der Tabelle III sein, auf die ich deshalb hier nur verweise. Sie enthält zudem noch eine Angabe des Gehaltes einer Quelle oberhalb Bartelsdorfs an organischer Substanz und Keimen.

D. Vierte Versuchsreihe.

Zur vierten Reihe war die Veranlassung eine Angabe von v. Pettenkofer, dass eine verflüssigte Faecalmasse, wie sie von Aborten geliefert wird, auf etwa das 15 fache ihres Volumens mit einfachem Wasser verdünnt, gleich nach dem Passiren des abführenden Sieles ohne Bedenken direkt in Flussläufe gelassen werden könne, die zur Wasserentnahme für Trinkzwecke

bestimmt sind, wenn die Flussläufe mindestens ein Gefälle haben, wie gute Kanäle. Mit dieser an sich unwahrscheinlichen Behauptung stehen meine Resultate in starkem Widerspruch. Ich stellte diesbezügliche Versuche zumeist mit dem erwähnten Schaukelapparat an, mit dem ich der Faecalmischung verschiedene Geschwindigkeiten ertheilte und so verschieden lange Wege in Sonne, wie im Schatten zurücklegen liess. Auch hier habe ich zum Vergleiche die Versuche mit Algenzusatz wiederholt. Die Beobachtungen, die ich an Schaukelversuchen und zwei angeschlossenen Sedimentirungsversuchen betreffs des Verhaltens der Algen machte, veranlassten mich zu dem Versuche 45, um mich zu überzeugen, wie sich überhaupt die Algen in solchen stark verunreinigten Flüssigkeiten auf die Dauer verhalten.

Versuch 37. Ein Stück Faecalmasse wurde mit Wasser zu einem pflaumenbrühartigen Brei verrieben; 50 ccm davon wurden mit 750 ccm Leitungswasser verdünnt. Diese Mischung war gelblich-schmutzig-trübe und von ekelhaftem, faecalem Geruch. Sie verbrauchte, auf 100 ccm berechnet, 68,2 ccm Ch. L. und enthielt in 1 ccm 1 800 000 Keime, worunter verhältnissmässig wenig verflüssigende. Sie wurde am 24. Mai Morgens im hellen Sonnenschein mittels des Schaukelapparates bei staubfreier, 22° R. warmer Luft $1^1/_2$ Stunden mit einer Geschwindigkeit von 1 m pro Sec. bewegt, sodass sie einen Weg von 5,4 Kilometer pro Stunde zurücklegte. Nach dem Versuch war das Aussehen nicht wesentlich verändert, der Geruch bedeutend abgeschwächt, der Ch. L. Verbrauch 70 ccm pro 100 ccm (was bei Verdunstungsgrösse von 80 ccm sich auf 63 ccm reducirt) und der Keimgehalt 1 150 000 pro ccm. Die Entwickelung der Kulturen erfolgte bedeutend langsamer. Es hatte somit eine Abnahme von Ch. L. Verbrauch 5,2 ccm pro 100 ccm, K. Gehalt von 650,000 pro ccm stattgehabt.

Versuch 38. wurde in ähnlicher Weise ausgeführt, doch war die Luft theilweise kühler, der Himmel vor-

übergehend bedeckt, die Geschwindigkeit und somit der zurückgelegte Weg grösser. Er gab ein ähnliches Resultat, wie Versuch 37. Das Nähere siehe Tabelle IV.

Versuch 39. wurde ganz im Schatten ausgeführt, mit der Geschwindigkeit 2 m pro Sec. Die Abnahme des Ch. L. Verbrauches betrug 4,4 ccm pro 100 ccm, der Keime 60 600 pro 1 ccm.

Versuch 40 bis 42 sind fast die Wiederholungen der Versuche 37 bis 39 mit dem Unterschiede, dass hier der Faecalmassenlösung Algen zugesetzt wurden. Die Resultate waren ähnliche, wie in 37 bis 39, doch schienen die Algen sehr gelitten zu haben.

Versuch 43 und 44. Diese beiden Versuche stellte ich nach Art der Schalenversuche mit Absetzenlassen an. In zwei hohen Flaschen stehen je 750 ccm Leitungswasser, mit 50 ccm Faecallösung versetzt, 24 Stunden bei Zimmertemperatur im Schatten. Am andern Tage wird vorsichtig eine Probe von der Oberfläche entnommen. Das Wasser sah vor dem Versuch sehr trübe, schmutziggelb aus und hatte streng faecalen Geruch; der Gehalt an Keimen war 1 600 000 bezw. 700 000 pro ccm, der Verbrauch von Ch. L. 86,4 ccm bezw. 75,8 ccm pro 100 ccm. Nach dem Versuche war dasselbe klarer, von demselben Geruche, hatte 3 bis 4 Millionen Keime pro ccm und verbrauchte 44,2 bezw. 62,6 ccm Ch. L. pro 100 ccm. Es hatte somit in der einen Flasche, die mit Algenzusatz versehen war, eine Abnahme des Ch. L. Verbrauches um die Hälfte, eine Zunahme der Keime auf das 3 bis 4 fache stattgefunden; in der andern (ohne Algen) auch eine Ch. L. Abnahme von etwa $^1/_6$, eine Keimzunahme dagegen nicht. In beiden war Klärung eingetreten, doch der Geruch unverändert. Die Algen hatten entschieden gelitten.

Versuch 45. Am 13. Mai wurden 10 ccm Faecalmasse mit 300 ccm Leitungswasser in einer Flasche verdünnt, dann frische, lebenskräftige Algen zugesetzt, umgeschüttelt, nach Entnahme einer Probe mit Wattepfropf verschlossen und an heller Stelle des Zimmers

hingestellt. Alle Tage wird mehrmals umgeschüttelt und alle 4 Tage eine Probe zur Untersuchung entnommen, selbstredend nachdem vorher wieder umgeschüttelt war. Das Resultat war folgendes: Die organische Substanz verringerte sich stetig, aber langsam, die Mikroorganismen vermehrten sich im Anfang sehr, zuletzt schienen sie sich wieder zu vermindern, die Algen wurden zusehends elend und gingen allmählig zu Grunde und in Zersetzung über. Vergleiche die Tabelle IV. Mit diesem Versuche schliessen meine Untersuchungen ab.

Die Resultate der einzelnen Versuchsreihen.

1. **Aus A.** Bei einem Vergleiche der gefundenen Resultate der Tabelle I fällt sogleich ins Auge, dass von den drei Faktoren, Sonnenbestrahlung, Bewegung, Algenthätigkeit der Einfluss des ersten Faktors bei weitem am grössten ist: dass die Bewegung des Wassers für sich allein die Oxydation der organischen Substanz anzuregen und den Keimgehalt zu verringern vermag, beweisen Versuch 4 und 5 (Abnahme Ch. L. = Verbrauch bei 1 stündiger Bewegung im Schatten um 0,3 bezw. 0,13 ccm pro 100 ccm, der Keime um 40 bezw. (16200 + 1020) pro ccm). Die Zunahme sowohl der der oxydablen Substanzen wie der Keime im Versuche 6 erklärt sich wohl leicht aus dem Umstande, dass am 12. Mai die Luft recht windig und stauberfüllt war. Der Zusatz von Algen der im Schatten angestellten Versuche 10 bis 12 hat keine deutliche Aenderung der Resultate, dagegen bei den im Sonnenlicht gemachten Versuchen 8 und 9 eine nicht unwesentliche Verminderung der organischen Substanz sowie besonders der Keime gegenüber den analogen Versuchen 2 und 3 ohne Algenzusatz ergeben. So betrug im Versuch 2 (ohne

Algen) Abnahme Ch. L.-Verbrauch 0,4 ccm pro 100 ccm, der Keime (6200 + 740) pro ccm: gegenüber Ch. L.-Verbrauchs-Abnahme 0,7 ccm pro ccm pro 100 ccm, Keimabnahme (19800 + 1300) pro ccm in Versuch 8 (mit Algen); ebenso Versuch 3 (ohne Algen) Ch. L. Abnahme 1,54 ccm pro 100 ccm, der Keime (72200 + 4000) pro ccm gegen Versuch 9 (mit Algen) Abnahme Ch. L. 0,73 pro 100 ccm, der Keime (108000 + 2700) pro ccm. Somit zeigt sich der Einfluss der Algen als ein nicht unbedeutender, doch scheint er völlig abhängig vom Sonnenlicht. Dieser Einfluss ist einerseits dadurch bedingt zu denken, dass diese Wasserpflanzen beim Verbrauche von mineralischen Substanzen auch organische in sich aufnehmen und verarbeiten, wie die Pflanzen des Feldes dieselben dem Erdboden entziehen, anderseits dadurch, dass sie als chlorophyllhaltige Pflanzen durch CO_2 Aufnahme und Sauerstoffabgabe in demselben Sinne wirken, wie die Lüftung des Wassers, also als Sauerstoff zuführendes Moment. Wie hierbei tritt bei sämmtlichen Versuchen dieser Reihe (vergl. 1 — 3, 7 — 9 gegenüber 4 — 6, 10 — 12) die Einwirkung des Sonnenlichtes in den Vordergrund, einmal als ein die Oxydation der organischen Materie an sich anregender, die Zahl der Keime verringernder Factor, andererseits aber als offenbar die Lebensthätigkeit der Algen wie der resistenteren, nicht getöteten Keime erhöhend, wodurch naturgemäss der durch diese herbeigeführte Verbrauch bezw. Zersetzung der organischen Substanz begünstigt wird. Eine fernere Beobachtung bei diesen Versuchen zeigt, dass sowohl die Bewegung, wie besonders aber die Bewegung unter Sonnenstrahlen, einen, die Entwickelung der Bakterien in den Kulturen ausserordentlich hemmenden, den Eintritt der Verflüssigung verzögernden Einfluss hat. So waren Kulturen aus einem Wasser, das 1 Stunde im Sonnenschein mittelst des Schaukelapparates bewegt war, noch am 3. Tage Abends nicht verflüssigt und die Kolonieen klein und punktförmig, während Kulturen

des unbewegten Wassers gleichen Keimgehalts wie das zum Versuch verwandte, schon am 2. Tage Mittags grössere Kolonien und den Anfang der Verflüssigung zeigten. Kurz zusammengefasst, rangieren nach Versuchsreihe A die Faktoren in ziemlich weiten Abständen in folgender Weise: Sonnenlicht, Bewegung, Algen.

2. Aus B. Zu ähnlichem Resultate gelange ich durch Vergleich der Ergebnisse der Versuchsreihe B. Während hier die Versuche 15 und 16 (im Schatten) keine bezw. eine geringe Abnahme der organischen Substanz aufweisen, dagegen eine Zunahme der Bakterien, erkennt man bei den ebenfalls im Schatten mit Algenzusatz angestellten Versuchen 19 und 20 eine geringe Abnahme sowohl der organischen Substanz wie der Keime. Bedeutend ist jedoch diese Abnahme bei den Versuchen 13 und 14 (Sonne ohne Algen) und noch grösser im Versuch 17 und 18 (Sonne ohne Algen). Auch hier tritt wieder der Wachsthum hemmende und Verflüssigung verzögernde Einfluss des Sonnenlichtes zu Tage. Die bedeutendste Abnahme sah ich jedoch in dem Versuche, wo ich, bei der Entnahme der Probe sorgfältig jede Erschütterung vermeidend, das zur Untersuchung erforderliche Quantum von der Oberfläche absog. Hierbei wirkte im Versuch 22 das Absetzen, die Sedimentirung, allein (Ch. L. Verbrauch 20,2 ccm pro 100 ccm vor dem Versuche gegen 19,8 ccm pro 100 ccm nach demselben, ebenso K. G. 280 400 gegen 260 400 pro ccm), in Versuch 21 als zweiter Faktor die Sonne, in Versuch 23 und 24 dazu die Algen in doppelter Weise, einmal in Versuchsreihe A, zweitens dadurch, dass sie bedeutend zu dem Absetzungsprozess durch Niederreissen von organischer Substanz und Keime beitrugen. In dieser Reihe dürfte die Reihenfolge der purificirenden Faktoren sein:

Sedimentirung, Sonne, Algen.

Als Anhang zu dieser Versuchsreihe habe ich die Versuche 25 bis 30 bezeichnet. Ich wurde dazu geführt durch die Frage, ob der deutliche Einfluss der Sonne

ihrer die Oxydation direkt anregenden Wirkung, wie dieselbe für bewegtes Wasser feststeht, zuzuschreiben oder allein durch die Förderung der Lebensthätigkeit spaltender Mikroben und der Algen zu erklären sei. Ich muss nach meinen, allerdings zur Beurtheilung der Frage nicht genügenden Versuchen die Vermuthung aussprechen, dass letzteres der Fall ist bei stehendem Wasser, wo nicht durch fortwährende Bewegung und damit eintretende Lüftung immerfort neue Sauerstoffmengen zugeführt werden.

Ich konnte in keinem der 6 diesbezüglichen Versuche eine Abnahme der organischen Substanz konstatiren, im Versuche 28 fand ich sogar eine geringe Zunahme, die jedoch auf eine mit den Algen hineingelangte Verunreinigung zu beziehen sein wird, wie ja dieselben auch stets nicht ganz von anhaftenden Bakterien zu befreien waren.

3. **Aus C.** Aus meiner dritten Versuchsreihe am fliessenden Bache ergiebt sich augenfällig, dass der Vorgang der Sedimentirung bei der Selbstreinigung dieses Wasserlaufes die Hauptrolle spielt. Die Einwirkung des Sonnenlichtes (cf. den Unterschied der Resultate bei heiterm und bewölktem Himmel) war hier verschwindend dagegen; der Einfluss der Bewegung des Wassers konnte hier ebenfalls nicht gross sein, da die Geschwindigkeit 0,13m pro Sec. (468 m pro Stunde) beträgt, also etwa $^1/_8$ der von mir in Reihe A gewählten Geschwindigkeit von 1 m pro Sec., die etwa der Ausflussgeschwindigkeit der Warnow in die Ostsee oder der Ems bei Hochwasser gleichkommt. Um so günstiger liegen natürlich hierdurch die Verhältnisse gerade für Sedimentirung. Das Vorhandensein des Algeneinflusses und des Einflusses der Mikroben kann hier natürlich nicht in dem Umfange eingeschränkt werden, jedoch ist der Vorgang der Selbstreinigung in diesem Falle ein so rapider, dass unmöglich die Thätigkeit von Wasserorganismen einen bedeutenden Antheil haben kann, Zuflüsse sind einmal auf der Versuchs-

strecke nicht vorhanden, dann auch wurde ein und dieselbe Stelle vor und nach der Verunreinigung untersucht mit dem angegebenen Resultate.

Somit ist hier der bei weitem grösste Antheil an dem Prozess der Selbstreinigung auf Rechnung der Sedimentirung zu setzen, ein Ergebniss, das mit denen anderer Untersucher an ähnlichen Wasserläufen wohl übereinstimmt. Selbstredend kann dies Resultat in dem Umfange nur für langsam fliessendes Wasser gelten. Die einzelnen Versuche, in Tabelle III zusammen gestellt, bedürfen keiner Erläuterung.

4. Aus D. Mit der vierten Versuchsreihe schlossen meine Versuche ab. Die Geschwindigkeit, die ich dem Kloakenwasser gab, war 1 bis 2 m pro Sec. Es ist dies die 4 bis 8 fache Geschwindigkeit des Sielwasserlaufes, da man bei einem Gefälle von 1 : 200 etwa 0,25 m pro Sec. in Sielen rechnet. Somit waren schon hierdurch in meinen Versuchen die Bedingungen günstiger für die Purificirung gesetzt als in natura d. h. beim Durchfliessen von Sielen, weit mehr jedoch noch dadurch, dass dieselben in freier, frischer, sauerstoffreicher, nicht in Canalgaserfüllten Röhren, zum Theil sogar in hellem Sonnenschein stattfanden. Wäre die Behauptung v. Pettenkofers annehmbar, dass bei 15 facher Verdünnung eine verflüssigte Faecalmasse schon nach einfachem Durchlaufen des Sieles in Flussläufe gelassen, und deren Wasser unbeschadet der Gesundheit zu Trink- und Nutzwasser verwandt werden könne, so hätte ich bei meinen unter denkbar günstigsten Bedingungen ausgeführten Versuchen ein ganz anderes Resultat erwarten dürfen. Ich fand dagegen das Wasser nach den Versuchen im besten Falle noch von so fäculentem, ekelhaftem Aussehen und Geruch, so reich an organischer Substanz und Keimen, dass jeder Gedanke an Gestattung des Einlassens solcher Massen in Flussläufe für Trink- und Nutzwasser von vornherein aufgegeben werden muss. Was die Algen betrifft, so werden sie, grüne Algen wenigstens, keinen reinigenden Einfluss in solchen Flüs-

sigkeiten entfalten können, da sie sehr bald in denselben zu Grunde gehen, wie in meinem Versuche 45, wo schon am 8. Tage die Algen abgestorben und in Zersetzung begriffen schienen.

Gesammtresultat.

Dürfte ich aus den von mir angestellten Versuchen allein einen Schluss machen auf die Wichtigkeit der einzelnen bei der Selbstreinigung der Flüsse in Betracht kommenden Faktoren, so müsste ich den Hauptantheil dem Einfluss der Sedimentirung zuschreiben. Es stimmt dieses Resultat auch mit dem anderer Untersucher überein, wenigstens für Flüsse mit langsamer Strömung. Nächstdem dürfte der Einfluss des Sonnenlichtes zu nennen sein und zwar in mehrfacher Beziehung. Erstens als direkt die Oxydation der organischen Substanz, wenigstens im bewegten Wasser, beförderndes Moment, dann als den einen Theil der Keime tötendes, den andern dagegen wie die Wasserpflanzen spec. Algen in ihrer Lebensthätigkeit anregendes und somit wiederum die Abnahme der oxydablen Substanz steigerndes Moment.

In dritter Linie müsste ich die ebenerwähnte Thätigkeit der Mikroben und Wasserpflanzen, wie natürlich auch der Wasserthierchen, Amöben und Infusorien, nennen, die in besondere Wirksamkeit eben unter dem Einflusse des Sonnenlichtes treten. Niemals wird man jedoch diesem Faktor die Bedeutung beimessen können, wie es neuerdings von v. Pettenkofer geschieht, der dem vegetativen Leben der Flüsse den Hauptantheil ihrer Selbstreinigung zuschreibt. Dass dies für chlorophyllhaltige Wasserpflanzen in stark verunreinigten Wasserläufen am wenigsten zutrifft, dürfte an sich schon die Erfahrung beweisen, dass dieselben in solchem Wasser überhaupt bald zugrunde gehen. In vierte Linie stelle ich dann die Bewegung des Wassers und zwar wiederum in doppelter Hinsicht. Einmal wird durch

die Bewegung eine Lüftung des Wassers, eine immer neue Berührung desselben mit Sauerstoff erreicht, andererseits scheint mir die deutliche Hemmung des Wachsthums der Bakterien in den Impfkulturen und die grosse Verzögerung im Eintritt der Verflüssigung der Kolonieen, die sowohl durch den Sonneneinfluss allein, wie auch durch den Einfluss der Bewegung für sich deutlich zu konstatiren ist, auf eine Structur- resp. Molecularveränderung und damit Schädigung des Aufbaues der Mikroorganismen durch die Erschütterung bei der Bewegung zurückzuführen, und somit hierin ein zweites Moment des Bewegungseinflusses zu erblicken zu sein.

Ueber den Werth zweier weiterer für die Selbstreinigung der Flüsse in Betracht kommender Faktoren von unbestreitbar oft sehr grossem Einfluss auf diesen Vorgang, die Vermischung mit reinerem Wasser aus Zuflüssen und mit Grundwasser, sowie die Bildung und Ausfällung unlöslicher anorganischer Verbindungen, lässt sich naturgemäss eine Entscheidung stets nur in dem betreffendem Falle nach den lokalen Verhältnissen und besondern Umständen treffen.

Hiernach kann ich das Ergebniss meiner Untersuchungen kurz zusammenfassen, wenn ich in bezug auf die Grösse des Einflusses der einzelnen Faktoren bei der Selbstreinigung der Flüsse dieselben in folgender Reihenfolge aufzähle:

Sedimentirung, Sonnenlicht, Lebewesen des Wassers, Bewegung.

Kann sich der Verfasser der vorliegenden kleinen Arbeit, mit seinen Resultaten etwas wesentlich neues zu bringen, auch nicht schmeicheln, so spricht er doch die Hoffnung aus, dass in Erwägung des grossen wissenschaftlichen Interesses und der praktischen Wichtigkeit der behandelten Frage, wie alle sorgsam angestellten Versuche und deren Ergebnisse, so auch die seinigen zur Klärung der herrschenden Zweifel auf diesem Gebiete beizutragen vermögen.

Zum Schlusse ist es ihm eine angenehme Pflicht, seinem hochverehrten Lehrer, dem Herrn Professor Uffelmann für die Anregung und Anleitung zu dieser Arbeit und die freundliche Förderung derselben durch seinen Rath seinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Tabelle I.

Disposition der Versuchsreihe A.

Bewegung des Wassers
ohne Algen
α Sonne 1—3
β Schatten 4—6

mit Algen
α Sonne 7—9
β Schatten 10—12

No.	Datum des Versuchs	Dauer	Art und Menge des Wassers	Temperatur vor	Temperatur nach	Aussehen Geruch vor
1.	9./5. V.	1 St.	800 ccm Leitungsw.	8° R	12° R	klar, oh ne und G er
2.	10./5.V.	1 St.	800 ccm Hafenw.	9° R	16° R	klar, etw as
3.	11.5./V.	1 St.	700 ccm Leitungsw. 100 ccm Sielwasser	8,5° R	14° R	opal. tri faulig ne
4.	11. 5.A.	1½ St.	800 ccm Leitungsw.	8° R	8° R	klar, oh ne und G er
5.	12./5.V.	1½ St.	800 ccm Hafenw.	7° R	10° R	klar, fade g ge
6.	12./5.A.	1½ St.	700 ccm Leitungsw. 100 ccm Sielwasser	7° R	9° R	trübe un d
7.	13./5.V.	1 St.	800 ccm Leitungsw. mit Algen	7° R	8,5° R	klar, oh ne und G er
8.	14./5.V.	1 St.	800 ccm Hafenw. mit Algen	8° R	16° R	leicht g etr fade, ge ruc
9.	14. 5.M.	1 St.	700 ccm Leitungsw. 100 ccm Sielwasser mit Algen	8° R	16° R	trübe un d
10.	15./5.V.	1½ St.	800 ccm Leitungsw. mit Algen	7,5° R	12° R	klar, oh ne und G er
11.	15./5.A.	1½ St.	800 ccm Hafenw. mit Algen	8° R	10° R	klar, oh ne und G er
12.	16./5.M.	1½ St.	700 ccm Leitungsw. 100 ccm Sielwasser mit Algen	7° R	9° R	trübe un d

Tabelle II.

Disposition der Versuchsreihe B.

Stehenlassen des Wassers

I. Mit nachfolgendem Umrühren

a. ohne Algen

α Sonne 13—14

β Schatten 15—16

b. mit Algen

α Sonne 17—18

β Schatten 19—20

II. Ohne nachfolgendes Umrühren

a. ohne Algen

α Sonne 21

β Schatten 22

b. mit Algen

α Sonne 23

β Schatten 24

No.	Dat.	Dauer	Art des Wassers	Temperatur vor	Temperatur nach	Aussehen und Geruch vor	Aussehen und Geruch nach	Ch. L. Verbrauch vor	Ch. L. Verbrauch nach	Keimgehalt vor	Keimgehalt nach	Meteorol.	Verdunstg.	Abnahme Ch. L.	Abnahme Keime	Bemer
13.	17./5.	5 Std.	400 ccm Leitungswasser	8° R	14° R	klar und geruchlos		5,8	5,6	900	640	Sonne 11° R	10 ccm	5,8 — 5,53 0,27	260	Verzögerung entwi
14.	18./5.	5 Std.	400 ccm Leitungswasser 50 ccm Sielwasser	7° R	15° R	trübe faulig	trübe fade	13,2	12,9	220000 +1920	200800 +1600	Sonne 15° R	10 ccm	13,2 — 12,64 0,56	19200 320	
15.	17./5.	5 Std.	400 ccm Leitungswasser	8° R	12° R	klar, ungefärbt, geruchlos		5,8	5,8	900	960	Schatten 14° R	—	0	Zunahme 60	Kein wesent sc
16.	18./5.	5 Std.	400 ccm Leitungswasser 50 ccm Sielwasser	7° R	14° R	trübe, faulig		13,2	13,1	220000 +1920	232000 +2820	Schatten 15° R	—	0,1	Zunahme 12000+900	Beschl Verflüssig
17.	19./5.	5 Std.	400 ccm Leitungswasser mit Algen	9° R	17° R	klar, ungefärbt, geruchlos		5,4	5,0	880	600	Sonne 18° R	10 ccm	5,4 — 4,93 0,47	280	Algen gut, der Ke
18.	23./5.	5 Std.	400 ccm Leitungswasser 50 ccm Sielw. mit Algen	7° R	11° R	trübe, faulig	fade	14,8	14,3	213000 +2400	168800 +1080	Sonne 13° R	5 ccm	14,8 — 14,21 0,59	44200 +1320	
19.	19./5.	5 Std.	400 ccm Leitungswasser mit Algen	9° R	14° R	klar, ungefärbt, geruchlos		5,4	5,2	880	760	Schatten 18° R	—	0	120	Algen gut, schied zu
20.	23./5.	5 Std.	400 ccm Leitungswasser 50 ccm Sielw. mit Algen	7° R	8° R	trübe, faulig		14,7	14,5	212000 +2400	210600 +2400	Schatten 13° R	—	0,2	1400	Algen gut, E der Ver
21.	24./5.	5 Std.	700 ccm Leitungswasser 100 ccm Sielwasser	9° R	22° R	„	„	19,2	19,0	300400 +6790	160900 +4060	Sonne 22° R	5 ccm	19,2 — 18,88 0,34	140400 +2720	Verzögerun entwi
22.	24./5.	5 Std.	Dasselbe Wasser	9° R	20° R	„	„	20,2	19,8	280400 +4820	260400 +3420	Schatten 22° R	—	0,4	40000 +1420	Kein deut sc
23.	25./5.	5 Std.	Dasselbe mit Algen	10° R	25° R	„	„	19,2	18,6	300400 +6780	140800 +2060	Sonne 25° R	—	0,6	153600 +4720	Algen gut, de
24.	25./5.	5 Std.	Dasselbe	10° R	24° R	„	„	20,2	18,6	280400 +4820	200200 +3220	Schatten 25° R	—	1,6	80200 +1600	Geringe

Anhang (25—30).

Sterilirtes Wasser steht ohne und mit Algen in Sonne und Schatten.

No.	Dat.	Dauer	Art des Wassers	Aussehen und Geruch vor	Aussehen und Geruch nach	Ch. L. Verbrauch vor	Ch. L. Verbrauch nach	Meteorol.	Algen	Verdunstg.	Bemerkungen
25.	26./5.	6 St.	400 ccm steril. Leitungswasser	klar, ohne Farbe und Geruch		4,6	4,6	Sonne 25° R	ohne	—	
26.	20./5.	24 St.	400 ccm steril. Hafenwasser	„	„	9,8	9,8	bedeckt, Regen 8°R	ohne	—	Die Temp.: Tagesdurchschnitt
27.	21./5.	24 St.	400 ccm steril. Oberwarnowwasser	leicht getrübt	klar geruchlos	7,3	7,3	Schatten, Regen 6°R	ohne	—	„
28.	26./5.	6 St.	400 ccm steril. Leitungswasser	klar, ungefärbt, geruchlos		4,6	4,7	Sonne 25° R	mit	—	Die Algen nicht so frisch
29.	20./5.	24 St.	400 ccm steril. Hafenwasser	„	„	9,8	9,8	bedeckt, Regen 8°R	mit	—	„
30.	21./5.	24 St.	400 ccm steril. Oberwarnowwasser	„	„	7,3	7,3	Schatten, Regen 6°R	mit	—	„

Tabelle III.

Untersuchungen am Bache Carbeck bei Rostock.

No.	Dat.	Trinkstelle			Tränkstelle vor der Verunreinigung			Tränkstelle eben verunreinigt			Tränkstelle 1 Std. nach Verunreinigung			2 St. später, 1 km unterhalb der Verunreinigungsstelle			Bemerkungen
		Aussehen	Ch. L.	Keime	Aussehen	Ch. L.	Keime	Aussehen	Ch. L.	Keime	Aussehen	Ch. L.	Keime	Aussehen	Ch. L.	Keime	
31.	22./5.	fast klar	9	1200	etwas getrübt	8	1400	schmutzig trüb	10,2	16000	fast klar	7,9	2000	fast klar mit Theilchen	7,6	1800	Nachmittags 14° R, wolkig, etwas windig, nach Regen
32.	24./5.	„	8,7	960	„	9	1000	„	12,4	36000	leicht getrübt	10,2	1800	„	9	1200	Nachmittags 22° R, heiter, staubreich, ruhig
33.	25./5.	„	9,6	1800	„	9,8	1600	„	12,2	27000	fast klar	10,2	2400	„	8	2100	Nachmittags 24° R, heiter, trocken, ruhig Quelle oberhalb Bartelsdorf, klar, Ch. L. 4,8 ccm, Keime 1600
34.	26./5.	„	8,4	800	opal.	9,2	1000	„	11,6	13000	„	9,6	1800	„	8,4	1500	Nachmittags 25° R, klare, ruhige, trockene Luft Stelle 150 m unterhalb Verunreinigung nach 30 Minuten, Ch. L. 10,6 und Keime 8000
35.	28./5.	trübe	10,6	1600	getrübt	11,5	1600	„	14,2	20000	opal.	12,0	2200	„	10	1960	Nachmittags 25,5° R, klar, sehr trocken und staubreich
36.	29./5.	fast klar	10,0	1400	fast klar	9	1600	„	13,0	32000	fast klar	10,0	3600	„	8,2	1800	Nachmittags 22° R, klar, sehr trocken und staubreich

Tabelle IV.

Disposition zur 4. Vers.-Reihe.

I. Bewegung des Fäcalwassers
a. ohne Algen 37—39
b. mit Algen 40—42

II. Stehendes Fäcalwasser
a. ohne Algen 43
b. mit Algen 44

III. Stehendes Wasser mit Algenzusatz 45

No.	Dat.	Dauer	Art des Wassers	Geschw.	Wegstrecke	Meteorol.	Verdunstung	Ch. L. Verbrauch vor	Ch. L. Verbrauch nach	Aussehen und Farbe vor	Aussehen und Farbe nach	Keime vor	Keime nach	Abnahme Ch. L.	Abnahme Keime	Bemerkung
37.	24./5.	1½ St.	50 ccm verdünnt. Fäces, 750 ccm Wasser	p. Secund 1 m	5,4 km	Sonnig klar, 22° R	80 ccm	68,2	70,0	schmutzig fäcal		1,8 Mill. wenig verflüss.	1,15 Mill.	68,2 — 63 = 5,2	650000	Grosse Verzög. und Entwickelhemmung
38.	25./5.	1½ St.	600 ccm Rest von Versuch 37	1,5 m	8,1 km	Bedeckt 20° R	50 ccm	70,0	67,4	„	„	1,15 Mill.	836000	70 — 61,6 = 8,4	314000	„
39.	25./5.	1½ St.	200 ccm Rest von 38 600 ccm Leitungsw.	2 m	10,8 km	Schattig 20° R	30 ccm	21,2	17,6	„	„	221400	160800	21,2 — 16,8 = 4,4	60600	„
40.	26./5.	1½ St.	200 ccm Rest von 38 600 ccm Wasser mit Algen	1 m	5,4 km	Sonne 25° R	75 ccm	32,5	29	„	„	576000	233200	32,5 — 26,28 = 5,22	342800	Algen habe
41.	26./5.	1½ St.	25 ccm verdünnt. Fäces, 750 ccm Wasser mit Algen	1,5 m	8,1 km		60 ccm	40,2	36,7	„	„	960000	540000	40,2 — 33,1 7,1	42000	gelitten
42.		1½ St.	600 ccm Rest von Versuch 41	2 m	10,8 km	Schattig 22° R	35 ccm	36,7	33,6	„	„	540000	420000	36,7 — 32,44 4,26	120000	
43.		24 St.	50 ccm verdünnt. Fäces	Stehen im Schatten bei Zimmer-				75,8	62,6	sehr trübe	etwas	700000	1,78 Mill.	13,2	1080000	
44.		24 St.	750 ccm Leitungswasser	temperatur. Absetzenlassen				86,4	44,2	u. schmutzig	klarer	1,6 Mill.	3—4 Mill.	42,4	Das 2—3-fache	

Versuch 45.

Dat.	Aussehen	Geruch	Ch. L. V.	Keime	Algen	Wasserart	Bemerkungen
13./5.	schmutzig gelbbraun trüb	faeculent	54,6 ccm	560000	frisch hineingethan	10 ccm Fäcalwasser mit 300 ccm Wasser	
17./5.	schmutzig gelbgrün trübe	faulig faeculent	51,0 ccm	1,5 Mill.	haben sehr gelitten		
21./5.	schmutzig bräunlich trübe	stinkend faulig	47,8 ccm	1,9—2 Mill.	Algen beginnen zu zerfallen		
25./5.	schmutzig bräunlich schwarz	stinkend faulig	47,2 ccm	1,5 Mill.	Algen faulen		